



TITLE:

小径木間伐に関する研究 (I) : 第1回 間伐前後の林況の変化について

AUTHOR(S):

齊藤, 秀樹; 菅, 誠; 四手井, 綱英

CITATION:

齊藤, 秀樹 ...[et al]. 小径木間伐に関する研究 (I) : 第1回間伐前後の林況
の変化について. 京都大学農学部演習林報告 1966, 38: 50-67

ISSUE DATE:

1966-11

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/191422>

RIGHT:

小 径 木 間 伐 に 関 す る 研 究 (I)

第 1 回 間 伐 前 後 の 林 況 の 変 化 に つ い て

齊 藤 秀 樹 ・ 菅 誠 ・ 四 手 井 綱 英

Studies on the Effects of Thinning from Small Diametered Trees (I).
Changes in stand condition before and after thinning

Hideki Saito, Makoto Kan and Tsunahide Shidei

目	次
要 旨.....50	2. 現存量の推定
はじめに.....51	3. 間伐の度合と現存量について
試験地の概要と試験方法.....51	4. 林床の照度
1. 試験地の概要	5. 間伐による林相の変化
2. 試験の方法	引用文献.....66
結果と考察.....52	Résumé.....66
1. プロットの状況	

要 旨

人工一斉林において小径木から順に間伐した場合、その林分の状態はどのように変わり、またどのような経過をへて林分が回復していくかを知るために試験地をもおけて実際に間伐を行った。

本論文では、このうち主に間伐による林分の現存量ならびに林内照度の変化についてのべる。

試験地は奈良県吉野郡東吉野村にある10年生のスギ林である。

試験地の概要は次のとおりである。

- 1) 各プロットとも緩斜地にあるが、プロット1,2,3は比較的谷筋に、プロット4,5はむしろ尾根筋近くに位置する。
- 2) 林内植生はプロット1～4では見当らなかったが、プロット5にはササ、ススキなどの存在が認められた。
- 3) 立木密度は4,000本/ha前後であった。
- 4) 林分平均樹高はプロット1～3が7.5～8.0mで、プロット4,5は6.1～6.5mであった。
- 5) 胸高断面積合計はプロット1～3が約30m²/ha、プロット4,5が約23m²/haであった。

間伐前後の樹体各部の林分現存量は、試料木(伐採木)の単木現存量と各プロットの胸高直径と樹高から相対生長法をもちいて推定した。

間伐前の現存量は、幹でプロット1～3は約43ton/ha、プロット4,5で27ton/haであった。この差は主として林分平均樹高の差により生じている。従って立地条件の差によるものと思われる。枝、葉の現存量は林分によってほとんど差はなく、枝量は約4ton/ha、葉量は17ton/ha前後の値と推定された。

これらの値は立木本数 4,000本/ha 前後の10年生のスギ林の蓄積としては、異常な値ではない。

樹幹解析による幹の生長量は、プロット1～3で8～9ton/ha、プロット4,5で5ton/haと推定された。これらの値は、プロット4,5は少し悪いが、10年前後のスギ林の生長量として普通の値である。

間伐によって取り去られる本数割合と現存量割合は、大略本数で1/4間伐すると1/10程度の現存量が失われ、1/2で約1/3が失われる。林内の相対照度は間伐前が4%前後（プロット5は12%）、間伐後は葉の除去される割合でことなるが、その割合とほぼ比例して明かるくなり、25%の葉が除去されると林内相対照度は約3.5倍、50%で約6倍の明かるさを示した。

は じ め に

小径木間伐とは樹冠級によらず小径木より間伐する間伐の仕方である。

健全に林を育てるためには間伐作業は欠くことが出来ず、数多くの育林作業の中でも最も重要なものの一つと考えられよう。このために間伐についての研究はかなり古くから行われている。その間伐の方法の歴史的な流れについておおまかに見ると、個体の生長を健全にすることを主体にして間伐を行うという方法から最近では林分全体の収穫量と間伐との関係を重視し、間伐に量的な取扱いを導入する方法に変わってきた。間伐の度合を量的に表す尺度として、立木本数、胸高直径、樹高、胸高断面積などが上げられ研究が行われている。また只木は最近数量的に間伐する一方法として競争密度効果と最多密度線などを組み合せ、生態学的立場からその間伐方法を研究した。このような林分全体量から間伐の度合を決定するという方法は、従来は間伐には必ず必要とした熟練なしに、簡単に間伐の度合を決定実行することが出来、林分全体の間伐量および残す林分材積などをもあわせ知ることが出来るという便利さがある。

人口一斉林においてある本数を小径木から順次間伐したとき、その林分が最多密度線や管理曲線などどんな関係にあるのか、またその後どのような過程をへて林分が回復しそれには何か年が必要であるのか。さらに本数を何%間伐すると、何%の幹枝葉が除外されるものか。これらのことを知るために試験区をもうけ間伐を行った。

この論文第Ⅰ報は主に試験を設定した10年生スギ林の現存量をはじめとした林分の状況について検討を加えたものである。

最後に試験地設定に協力をおしなかった森林生態研究室の各位に深く感謝する。

なお本研究は文部省試験研究費によったものである。

1 試験地の概要と試験方法

1. 試験地の概要

試験地は財団法人阪本奨学会所有林（奈良県吉野郡東吉野村杉谷）の11林班に設けた。この林分は海拔約900mで南北に走る尾根の西向き斜面上にあって、3年生実生苗木を植栽した林分10年生のスギ（*Cryptomeria japonica*）林である。試験プロットには出来るだけ緩斜地を選んだ。プロットは計5個設定したが、そのうちプロット1～3は比較的谷筋に近い水平な場所で、プロット4,5は比較的尾根筋に近く位置し、傾斜は20°近くあった。いずれのプロットもスギ人工林としてはよくそろった良い林分と思われたが、数年前程に枝打ちの試験地を設けていた所であるために、下枝の枯れ上りが自然のものでなく、個体によっては枝打ちの影響が今なお残っているように見受けられた。しかし樹冠の閉鎖はほぼ完全であった。

林内植生はプロット1～4では全然みられなかったが、プロット5にはササ、ススキなどが点在し

ていた。

試験地プロットの概要を表-1に示す。

なお林分は頁岩を基岩とした褐色森林土であった。年平均気温はおよそ 13.8°C 、年降水量はおよそ $1,900\text{mm}$ である。²⁾

2. 試験の方法

まず林分中に $8 \times 8\text{m}^2 \sim 10 \times 10\text{m}^2$ の大きさのプロットを計 5 個設け、その中に各プロットごとに $2 \times 2\text{m}^2$ のサブプロットを設けた。このプロット中に含まれる全立木について、胸高直径 (D)、地上高 30cm の直径 (D_{30})、生枝直下の直径 (D_B) およびその高さ (H_B)、樹高 (H) を測定した。ただし個体の番号と D および D_B を測った位置にはペンキで印をつけ、後年の測定時にも同じ位置で測定出来るようにした。

次にプロットごとに 4 ~ 21 本の木を間伐した。間伐木の選定は上で述べた毎木調査の結果をもとにして、原則として胸高直径の小さい木から選んで伐倒した。しかしその間伐木に接して損傷木（主に雪害などによって樹冠の上部が折れた個体など）がある場合には、その個体の方を間伐した。その間伐本数は表-1に示す通りである。

なお各プロットのまわりの林分もそのプロットと同程度の強さで間伐した。

これらの間伐木の中から 1 プロット当たり 2 ~ 3 本の標準木を選び、さらにプロット 1 の附近から毎木調査でみられた最大径級木と同じ程度の大きさの個体を 1 本選び、計 12 本を標準木として伐倒し次の各部分を測定した。

胸高直径 生枝直下の直径 地上高 30cm の直径 樹高 生枝下高 樹幹上で緑色部を示す最下部の高さおよびその直径 樹冠の中 各層に含まれる幹・枝・葉の重量

なお層別は樹体を樹冠外と内とに別け、すなわち生枝最下の位置で樹体を樹冠部と幹部の 2 つに分け、それらを幹にそってその長さの 1/3 の層に別けた。したがって 1 個体は 6 層に別けたことになる。

幹・枝・葉の生重量は現場で直ちに測定し、その中から数 100g の試料を研究室に持ち帰り、乾燥器で乾燥して乾物率を求めそれを基にして幹・枝・葉の乾重量 (w_s, w_b, w_L) を求めた。

幹の生長量は樹幹解析を行って材積生長量を求め、それに比重を乗じて幹の生長量とした。

それぞれの標準木の各量について相対生長関係を調べた。各試験プロットの現存量および生長量は毎木調査の結果と相対生長関係を用いて推定した。

その外に照度計（第 5 号東芝照度計）を用いて、間伐前と間伐後の林内の照度をそれぞれ測定し、付近の裸地の照度と比較した。

なおそれぞれの林内の照度は各サブプロットの中に 3 ケ所位置を定めておいて測定した。

最後に間伐後の樹冠投影図を描いた。

以上の試験プロット設定は 1965 年 10 月下旬に行った。

2 結 果 と 考 察

1. プロットの状況

各プロットについて前記の測定値をみてみよう。表-1からわかるように立木本数はプロットによる違いはほとんどなく、 $3,300 \sim 4,400$ 本/ha であるのに対して、断面積合計はプロット 1 ~ 3 は約 30m^2 /ha、プロット 4, 5 は約 23m^2 /ha で前者プロットに比較して 2 割方少いようである。平均樹高についてみても、プロット 1 が 8.2m、プロット 2 と 3 が約 7.5m、プロット 4, 5 は約 6.3m であり樹高はプロットによってかなりの差が認められた。平均胸高直径でも樹高の場合と同じ傾向が認められる。したがって立地条件からみれば、プロット 1 ~ 3 を一つのグループに、プロット 4 と 5 を一つのグループと

Table 1 Topographical and floristic characters of the plots

		Plot size	Slope	Tree age	Tree density	Basal area	Mean diameter at breast height	Mean height	Under-growth
		m×m		yrs.	ρ Nos./ha	m ² /ha	\bar{D} cm	\bar{H} cm	
Plot 1	Pre-thinning	10×10	0°	13	3,300	28.5	10.3	8.2	None
	Post-thinning				1,200	14.0	12.1	9.3	
	Felled				2,100	14.5	9.3	7.6	
Plot 2	Control (No thinning)	10×10	0°	13	4,400	33.1	9.6	7.4	None
Plot 3	Pre-thinning	8×8	0°	13	3,910	30.2	9.8	7.6	None
	Post-thinning				3,280	27.3	10.2	7.8	
	Felled				630	2.9	7.6	7.0	
Plot 4	Pre-thinning	8×8	20°	13	3,670	22.5	8.6	6.5	None
	Post-thinning				2,000	15.4	9.8	7.1	
	Felled				1,670	7.1	7.2	5.8	
Plot 5	Pre-thinning	8×8	0°	13	4,220	22.6	8.1	6.1	Bamboo grass etc.
	Post-thinning				2,660	17.1	8.9	6.5	
	Felled				1,560	5.5	6.7	5.4	

して考えることが出来よう。前者は後者に比べ立地条件が悪いと思われる。

ここで各プロットの垂直林分構造をみてみよう。Ogawa et al.³⁾は多層林の林分構造を表すのに、樹高と生枝下高とを基にして描く葉層図 (Crown depth diagram) を用いている。プロット1～5についてその葉層図を描いてみた (図-1)。

スギの場合には枝がほぼ水平に着いていると考えてもよいから、樹高 (H) と生枝下高 (H_B) との差が樹冠の長さすなわち葉の着いている層の厚さと考えられる。ある高さの水平層に含まれる樹冠の相対数を表したのが “Crown curve” であり、ある高さの層より上に存在する個体の相対数を表したのが “Height curve” である。図-1の Crown curve と Height curve とからわかるように、ある個体の生枝下高にも達しない低い樹高の木は見当たらず、樹冠層のかなり良くそろった林分であることがわかる。

また生枝下高も比較的良好にそろっているが、水平地に植栽された人工林ではもっと生枝下高が均一になるのが普通であろうと思われ、また図-1からわかるように樹高の高い木ほど生枝下高が高いという傾向が認められる。

図-1に見られるように、著しく枝下高の高い個体が見られるが、これは枝打ちの影響が現在もなおのこっているためと思われる。

2. 現存量の推定

各プロットの樹体の諸量の相対生長関係についてしらべてみよう。

幹乾重 (w_s) と D^2H との相対生長関係を見ると、図-2のように分散のはばはきわめて少なく、またプロットによる違いもほとんど見られず、かなりよく直線関係で近似され、次に示す回帰式が求められた。

$$\log w_s = 0.914 \log D^2H + 1.3807 \quad (1)$$

$$[w_s]; g \quad [D^2H]; \text{cm}^2 \cdot \text{m}$$

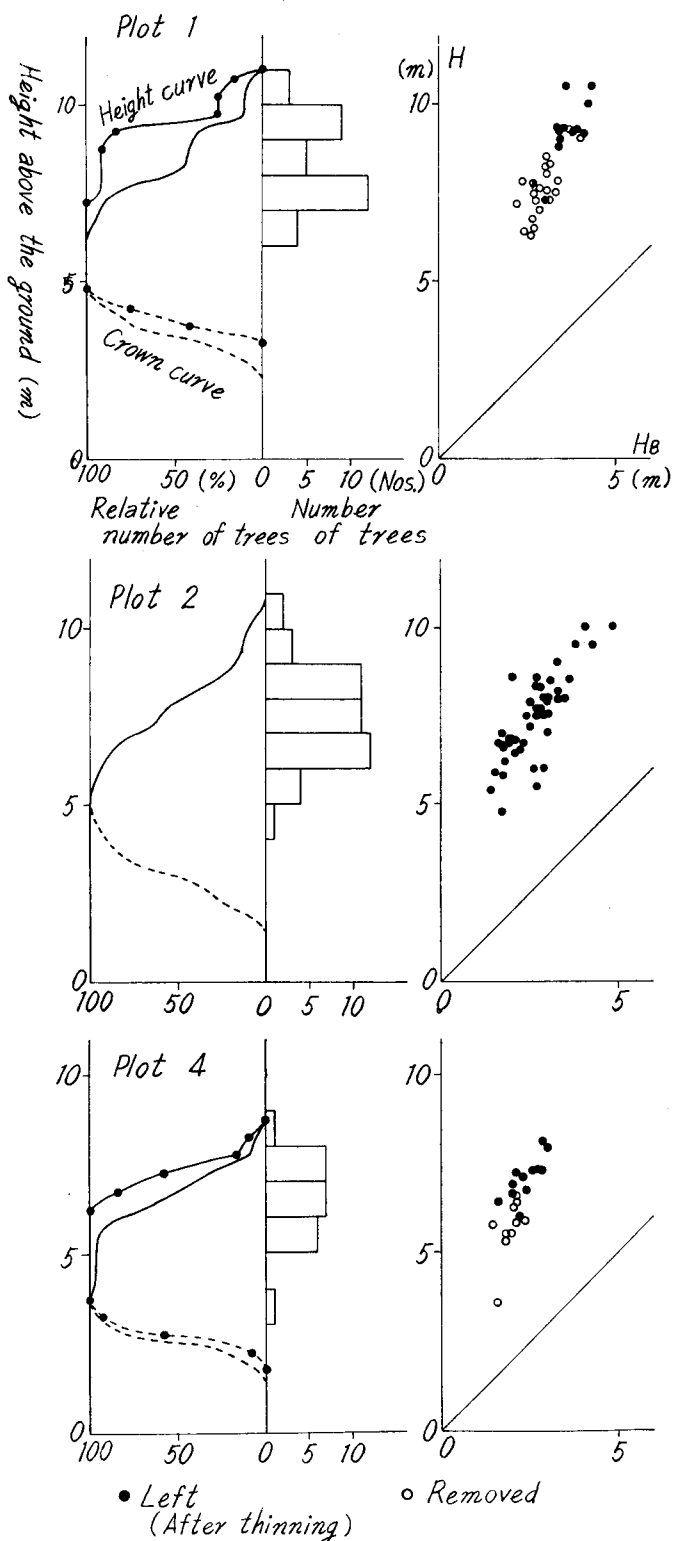


Fig. 1 Crown depth diagram and bole length (H)~clear bole length(H_B) relation

そこで幹の現存量は(1)式を用いて推定した。

次に枝乾重(w_B)と幹乾重(w_S)および葉乾重(w_L)と幹乾重(w_S)の相対生長関係を図示したのがそれぞれ図-3と図-4である。2つの図に見られるように、枝、葉ともに点のバラツキは大きい、プロットによる傾向的な分離が認められ、プロット1, 2, 3のグループとプロット4, 5のグループに別けられる。この二つのグループは前に述べた林分平均樹高の差によるグループと一致し、林分平均樹高が高く、立地条件の良いと思われるプロット1, 2, 3の方が立地条件の悪いと思われるプロット4, 5よりも同じ幹量の木の持つ枝・葉の量は少ない。これは立地条件によって林分の生長速度が異なり、林分の相対密度に差が生じたために起ったものと思われる。

また $w_B \sim w_L$ の相対生長関係を示すと図-5となる。この関係は図-5に明らかのように、プロットによる差は見られず一本の直線で近似され、その関係は

$$\log w_B = 1.215 \log w_L - 1.3873 \quad (2)$$

$$[w_B]; g \quad [w_L]; g$$

で示される。

このことは一定の葉量を支えるに要する枝の量は、立地条件にあまり関係はないが、大径木ほど多くの枝を要するようになる。これは大径木ほど上層林冠をしめ、小径木にくらべて孤立木的な状態にあることを示しているのではなかろうか。

関係式(2)が満足されるように、 $w_L \sim w_S$ と $w_B \sim w_S$ の関係を求めると次のようになる。

プロット 1, 2, 3

$$w_L = 0.400 \cdot w_S \quad (3)$$

$$\log w_B = 1.215 \log w_S - 1.8707 \quad (4)$$

プロット4, 5

$$w_L = 0.600 \cdot w_S \quad (5)$$

$$\log w_B = 1.215 \log w_S - 1.8707 \quad (6)$$

各プロットの幹の現存量は個体ごとに測定した D および H とからなる因子 D^2H と式(1) から求めることが出来る。また枝や葉の現存量はこの個体ごとに求めた幹重と、式(3)~(6)とを使用することによって推定することが出来る。

次に幹の重量生長量 (Δw_S) と葉重量 (w_L) との関係を図-6 に示す。図から明らかに、単位葉量に対する幹生長量が良いグループと悪いグループとに別かれ、前グループにはプロット1, 2, 3に、後グループにはプロット4, 5が属している。 $\Delta w_S \sim w_L$ は直径の分散が小さく、 w_L は w_S に比例しているので、比例関係にあると考えてよいから、その回帰直線の勾配を便宜上1として求めてみた。平均木程度の大きさの木で比較すると、プロット1, 2, 3の個体はプロット4, 5の個体に比して単位葉量当たりの幹生長量は約2倍の値を示している。

この $\Delta w_S \sim w_L$ の関係に、 $w_L \sim w_S$ の関係式(3)と(5)を考慮して、 $\Delta w_S \sim w_S$ の関係式を求めた。この関係は当然のことながら、図-7のようにプロット1, 2, 3のグループとプロット4, 5のグループに別かれ、その回帰直線の勾配は1となる。

プロット1, 2, 3

$$\Delta w_S = 0.200 \cdot w_S \quad (7)$$

プロット4, 5

$$\Delta w_S = 0.162 \cdot w_S \quad (8)$$

$[\Delta w_S]; g \quad [w_S]; g$

この両関係式を用い、幹の林分生長量を推定した。

表-2がプロットごとに間伐木と残存木の現存量などを、関係式(1)(3)(4)(6)(7)(8)を用いて推定し、一覧表にしたものである。

まず幹の現存量についてみると、表-2からわかるように、プロット1~3が41~45ton/ha (120~

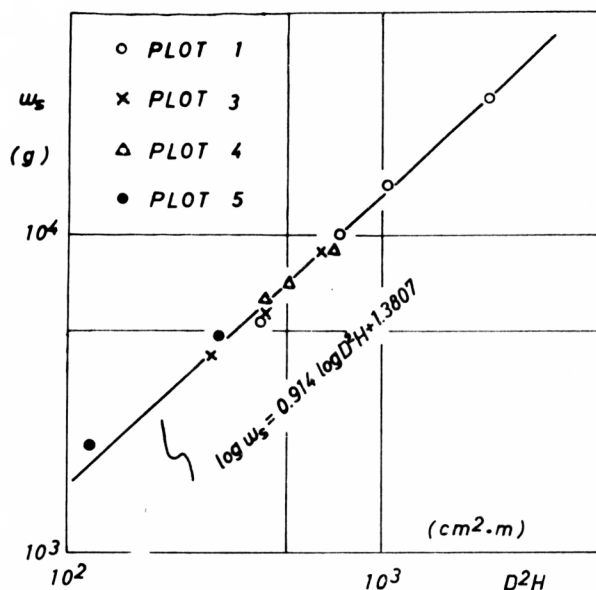


Fig. 2 Allometric relation between stem dry weight (w_s) and D^2H

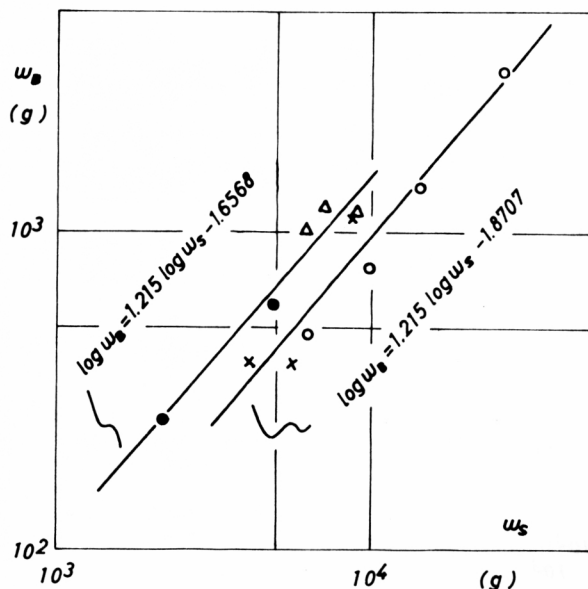


Fig. 3 Allometric relations between branch dry weight (w_B) and stem dry weight (w_S)

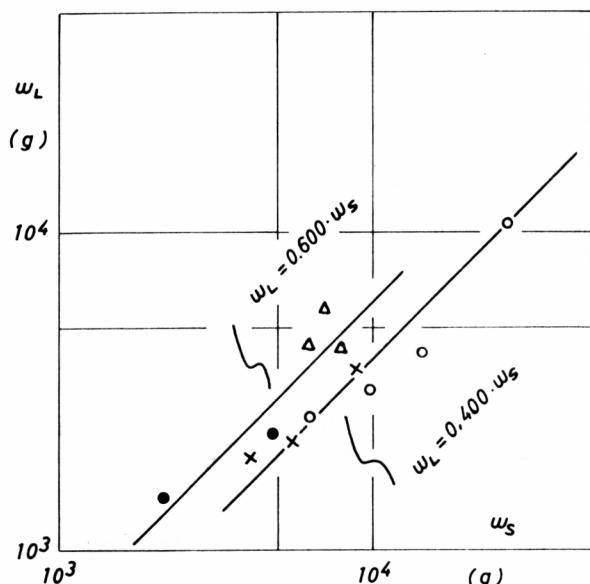


Fig. 4 Allometric relations between leaf dry weight (w_L) and stem dry weight (w_S).

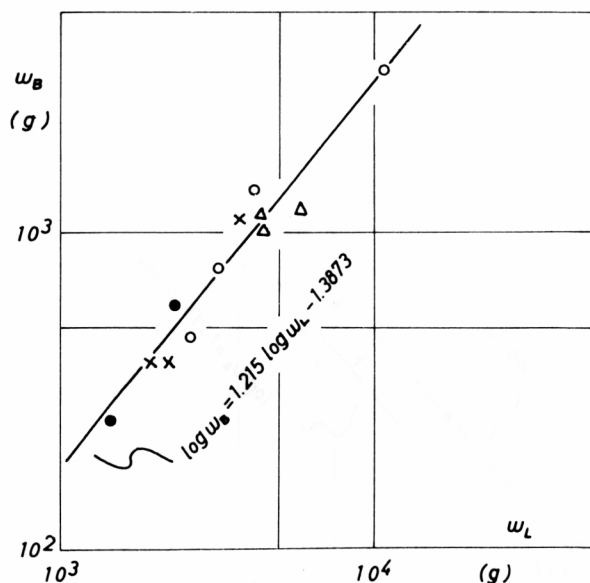


Fig. 5 Allometric relation between branch dry weight (w_B) and leaf dry weight (w_L).

このように試験に使用した5コのプロットは立木本数が4,000本/ha程度の10年生林分として考えたならば十分な幹量を有している。しかしプロット4～5は幾分蓄積が少くプロット1～3に比べ立地条件が悪いようだ。

次に葉の現存量についてみてみよう。表-2からわかるように、プロットによる違いは見られず、16

135m³/ha)であるのに反し、プロット4, 5は約27ton/ha (約80m³/ha) という値を示し前者の3プロットに比較しておよそ4割近くも幹の量が少なくなっている。

ここで試験林分とほぼ同令の林分の幹量と比較してみよう。同じ吉野地方でわれわれが調査した11年生の林分K-30⁴⁾では66ton/ha又林分N-29⁴⁾では50ton/haという値を示している。これら両林分はプロット1～3に較べて多いが本調査林分よりも立木本数が2倍の8,000本/ha以上もある。立木本数が約4,000本/haで10年生の熊本地方のヤブクグリ林(K-2⁴⁾-ろ)では幹量は28ton/haであり、プロット4, 5のそれとほぼ等しい。また只木は長崎地方にある足場丸太生産を目的とした立木本数が10,000本/ha近い11年生林で、幹の量を断面積比推定によって31ton/haと推定しているが、この値は立木本数が半分以下であるプロット4, 5のそれと大差がない。

一般に幹の量は同令林の場合でも立木本数や立地条件などによって変わってくるものであって、特に閉鎖した林分においては立地条件すなわち林分の平均樹高に左右されるもので、幹の量は平均樹高の増大と共に増す⁴⁾。

そこで、上にあげた10年生前後のスギ人工林を加えて、幹の現存量(y_s)と林分平均樹高(\bar{H})の関係を図示した(図-8)。前述したように、おおむね幹の現存量は林分平均樹高に比例して増大している。また同程度の林分平均樹高をもつ林分でも、幹の現存量が相当異なるのは立木本数の違いによるものと思われ、特に同程度の地位の林分においては、植栽本数の違いが大きく現存量に影響してくるものと思われる。

～18ton/ha という葉量を得た。スギ林では林令・立木密度にかかわらず、地方ごとに大略一定の値を示すといひ、秋田地方で 25～30ton/ha、吉野地方およびヤブクグリ林では 17～20ton/ha、アヤスギ林で 17ton/ha という値を上げている。⁴⁾先に上げた長崎地方のスギ林でも平均 16.7ton/ha という。このように本試験林の葉量と以上の葉量のデーターとは大略一致しているから林分の閉鎖は大略十分であったと考えてよからう。

枝の現存量についてみると、表-2に示すように葉量の場合と同様に、プロットによる違いは見当たらない。大略 4ton/⁵⁾ha 前後の値を示す。長崎地方のスギ林 3ton/ha、ヤブクグリ林 7ton/ha、吉野地方の林分 K-30 が 8ton/ha、林分 N-29 で 6ton/ha と較べて同じような値を示している。

以上のべたように、林分の葉量と枝量はプロットによって差がないが、林分の幹量にはプロットによる差が見られ、それによって地上部現存量中で占める幹・枝・葉の割合がプロットによって差を生じている。プロット 1～3 は幹が 66%，枝が 7%，葉が 27% を占めているのに対し、プロット 4, 5 ではその割合がそれぞれ 55%，11%，34% となり、地位が良好で林分の相対生長の早いプロット 1～3 は地位の悪いプロット 4, 5 にくらべて幹の占める割合が大きく、相対密度が高まっていることが示されている。

幹の生長量についてみると、プロット 1～3 が 8～9ton/ha・yr、プロット 4, 5 が約 5ton/ha・yr となった。長崎地方のスギ林のそれは 11m³/ha・yr (約 4.2ton/ha・yr) でプロット 4, 5 のそれとはほぼ一致する。しかしヤブクグリ林のそれは 11.2ton/ha・yr、吉野地方のスギ林の林分 K-30 が 20.3ton/ha・yr、林分 N-29 が 19.2ton/ha・yr でかなり大きい値を示している。吉野地方のそれはプロット 1～3 に比較すれば 3 倍に近く、プロット 4, 5 の

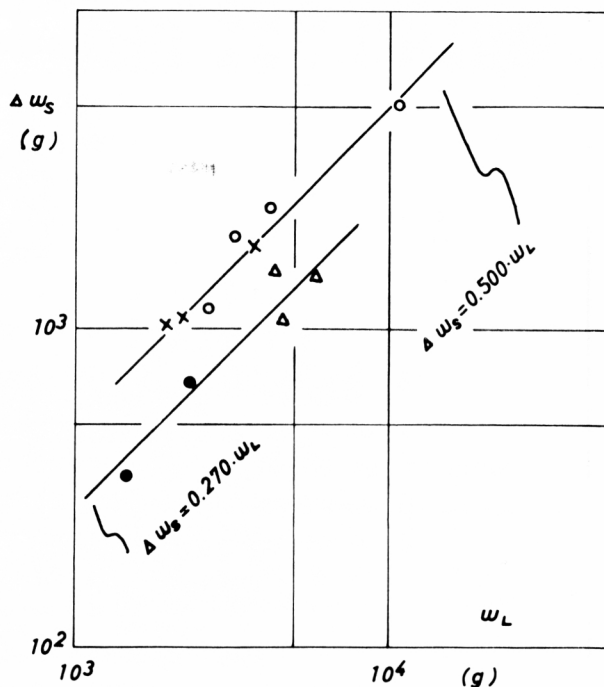


Fig. 6 Relations between annual increment of stem dry weight (Δw_s) and leaf dry weight (w_L)

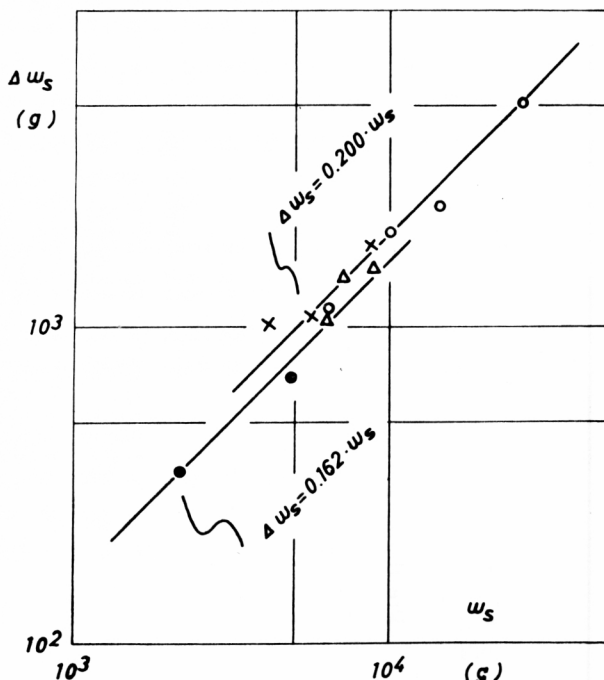


Fig. 7 Relations between annual increment of stem dry weight (Δw_s) and stem dry weight (w_s)

Table 2 Standing crop and others of aerial shoots in the plots

		Mean height \bar{H} m	Tree density ρ No./ha	Basal area m ² /ha	Stem dry weight y_s ton/ha	Branch dry weight y_B ton/ha	y_{TC} $=y_s+y_B$ ton/ha	Leaf dry weight y_L ton/ha	y_T $=y_s+y_B$ $+y_L$ ton/ha	Dry weight of stems, produced in this year Δy_s ton/ha	y_s /No. kg/1tree	y_B /No. kg/1tree	y_L /No. kg/1tree
Plot 1	Pre-thinning	8.2	3,300	28.5	41. (124.)	4.3	46.	17.	62.	8.2 (25.)	12.5	1.31	5.03
	Post-thinning	9.3	1,200	14.0	33. (65.)	2.4	24.	8.7	33.	4.4 (13.)	18.1	2.02	7.25
	Felled	7.6	2,100	14.5	20. (59.)	1.9	22.	7.9	30.	4.0 (12.)	9.4	0.90	3.76
	Thinning ratio (%)		64	51	48	44		48	47	49			
Plot 2	Control (No thinning)	7.4	4,400	33.1	45. (134.)	4.6	50.	18.	68.	9.0 (27.)	10.2	1.03	4.09
Plot 3	Pre-thinning	7.6	3,910	30.2	41. (121.)	4.1	45.	61.	61.	8.2 (24.)	10.4	1.05	4.17
	Post-thinning	7.8	3,280	27.3	37. (110.)	3.8	41.	15.	56.	7.4 (22.)	11.3	1.15	4.51
	Felled	7.0	630	2.9	3.7 (11.)	0.3	4.0	1.5	5.5	0.7 (2.1)	5.9	0.52	2.38
	Thinning ratio (%)		16	10	9	8		9	9	8			
Plot 4	Pre-thinning	6.5	3,670	22.5	27. (81.)	4.2	31.	16.	48.	5.4 (16.)	7.4	1.14	4.44
	Post-thinning	7.1	2,000	15.4	19. (58.)	3.1	22.	12.	34.	3.8 (12.)	9.7	1.54	5.80
	Felled	5.8	1,670	7.1	7.9 (24.)	1.1	9.0	4.7	14.	1.6 (4.9)	4.7	0.67	2.81
	Thinning ratio (%)		46	32	29	27		29	29	30			
Plot 5	Pre-thinning	6.1	4,220	22.6	26. (78.)	3.9	30.	16.	46.	5.2 (16.)	6.2	0.91	3.70
	Post-thinning	6.5	2,660	17.1	20. (60.)	3.1	23.	12.	35.	4.0 (12.)	7.6	1.16	4.55
	Felled	5.4	1,560	5.5	5.9 (18.)	0.8	6.7	3.5	10.	1.2 (3.7)	3.8	0.50	2.24
	Thinning ratio		37	24	23	20		22	22	23			

() : Stem volume or stem volume increment

4倍近い。幹生長量の大きな傾向は林分葉量が多い林分ほど大きく、また閉鎖林分では若い林ほど大きいということから、これは立木密度の相違や林分の地位の違いによったものと考えられる。

平均単木あたりの幹量は、プロット1が12.5kg/1tree, プロット2,3が10.3kg/1tree, プロット4,5はそれぞれ7.4kg/1tree, 6.2kg/1treeとなった。プロット1や2,3とプロット4,5とでは個体の大きさに倍近い違いがある。また平均単木あたりの枝量および葉量は、各プロットともにほぼ1kg/1treeと4kg/1tree前後の位を示している。

3. 間伐の度合と現存量について

小径木から順に間伐したとき、どの程度の強さの間伐を施したらどの程度の林分現存量の減少が起るかを調べた。

先に幹の林分現存量を推定するさい求めた個体ごとの幹量をもとにして、直径階別に計算によって幹量の除去された割合を調べた(図-9)。幹の林分現存量はプロットのグループ別に、かなり著しい差が認められたが、間伐によって取り去られる幹量の割合の場合は図-9の(1)で明らかのように、プロットによる傾向的

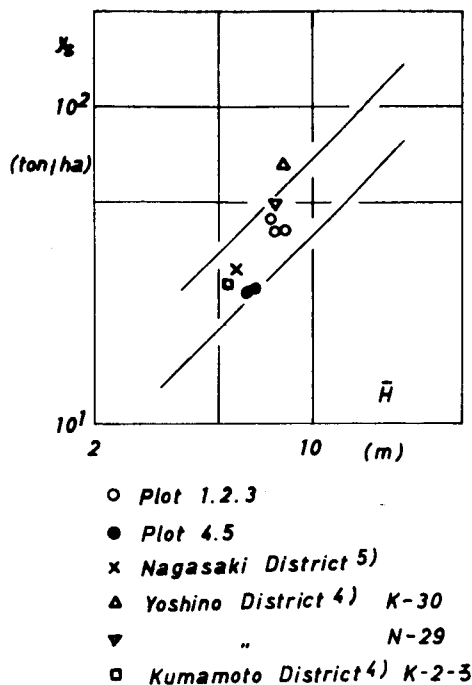


Fig. 8 Relation between standing crop of stems (y_s) and mean height (\bar{H}) in 10 year-old *Cryptomeria* stands.

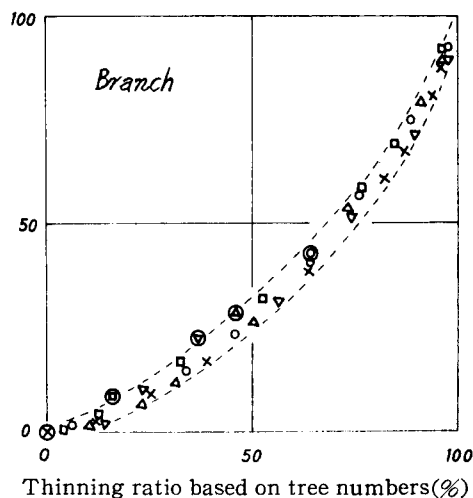
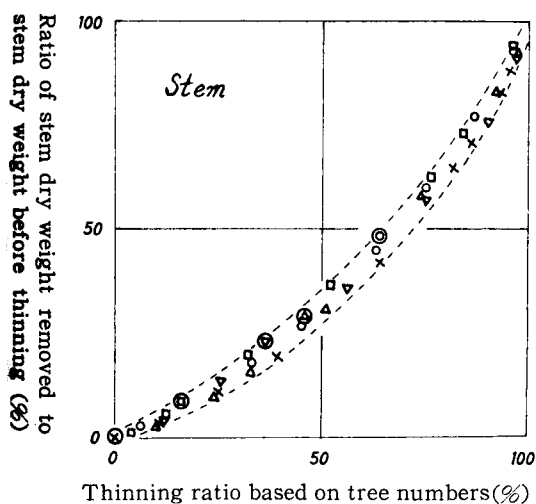


Fig. 9 Relations between thinning ratio based on tree numbers and ratio of removed amount of stems, branches to amount of such before thinning.

The marks, \circ Plot 1, \times Plot 2, \square Plot 3, \triangle Plot 4, ∇ Plot 5 show the actual result of thinning. The marks, \odot Plot 1, \otimes Plot 2, \oplus Plot 3, \ominus Plot 4, \otimes Plot 5 show the possible results of thinning.

Starting from the smallest diameter class of 1cm, the larger the critical diameter raised, the ratio of removed dry weight of stems, branches goes up and up along within the broken lines.

な分離は認め難い。これは各プロットの個体の大きさの分布がほぼ等しいことに対応していると考えられる。

林分内の本数を1/2に間伐すると、幹の量はほぼ1/3が取り去られたことになる。また本数で1/4ならば1/10強、3/4ならば3/5以上が除去される見当である。この関係は小径木は大径木に較べ樹高が低く、個体が小さいためである。

表-2に示した林分現存量をもとにした上と同じ関係を、図-9の中に同時に示した。各プロットを表す記号を円で囲った点である。先に直径階別に計算した割合よりも幾分、多く表われている。

本数間伐率と枝量の除去率の関係（図-9の(2)）は、幹の場合と大略同じである。

$w_L \sim w_S$ と $4w_S \sim w_S$ の関係は比例関数にあったから、葉量および幹生長量の除去される割合は図-9の(1)の幹の場合と一致する。

4. 林床の照度

間伐前の林内の相対照度についてみよう。相対照度の階級の中を2%として、その頻度分布図を描いたのが図-10である。どのプロットもバラツキ方に多少の差は認められるが、ほとんどの相対照度は1~7%の範囲に集中している。とくにプロット1~3にあってはその傾向が強く、分布の型はL字を示している。図-10からも明らかなように、相対照度が30%以上、プロットによっては60~90%の値を示しているものも見られる。これは照度計の受光板を丁度サンスポットに入れて測ったためと考えられる。しかし測定された相対照度に100%を越える点が数点みられ、その原因として林外の照度を測った裸地が、各プロットから幾分離れていたために部分的に雲が陽光をさえぎったために起る誤差が考えられ、相対照度が非常に大きい値を得たのは上のような不手際によったものかもしれない。

林床の平均照度と言え、ある面積を有した林分に注ぐ全光量に対する林床に達する陽光量の割合で示される。言い換えれば林内照度は二次元的な性質の値であって、その林分内である明かるさが占めている面積を考慮して平均すべき値のはずである。しかしながら従来われわれに林内の照度を測定するときは、便宜上小面積の平板受光面（直径3cm程の円形）を使用した照度計を用いて行い、測定回数を多くしてその平均を林内の照度としてきた。すなわち図-10に示した値を平均して求めたわけである。しかし図-10にあるように非常に相対照度の中が大きくて、60%以上のものが2、3コあれば、仮りに相当数の測定回数を行った場合でも、他の測定値が数%あるいはそれ以下であるから平均値にはかなりひびいてくるものと思われる。一般に閉鎖した林分中でのサンスポットの面積は非常に少なく、おそらく数%以下ではなかろうか。

以上の事柄をあわせ考えると、図-10にあらわれている数少ないサンスポットに入ったと考えられる飛び離れて高い値を除いて平均し、林内の平均照度とした方が良いように思われる。このようにすると、除外せずに平均した場合にくらべて2~3%ほど少なくなり、プロット1~5はそれぞれ4.9, 4.5, 3.8, 6.8, 11.5%という平均相対照度を値た。プロット5は他のプロットに較べて明かるいようである。このために表-1に示したようにササやススキなどの下草が存在したのであろう。

只木らはスギ林内の相対照度として1.1%と0.6%という値を上げている。この値が今回の調査結果4~5%と較べてかなり暗いのは、これらの調査林分は特殊用材の生産を目的とした高密度の林分であったためであらう。

間伐後にも間伐前に測定したと同じ位置、同じ要領で照度を測定したので、その結果についてみよう（図-10）。間伐を行って林冠をすかしたわけであるから、当然林内の照度は明かるくなっている。間伐前は相対照度の中は図-10からわかるように、どのプロットもだいたい1~15%の範囲にあったのが、間伐を行ったことによって、プロット1, 4, 5では7~50%の範囲、弱度の間伐を行ったプロット3では3~20%の範囲と、間伐によりチラバリがいくつも大きくなった。

間伐前と同じく、少数の離れて分布している値を除いて各プロットの平均相対照度を求めた。本数

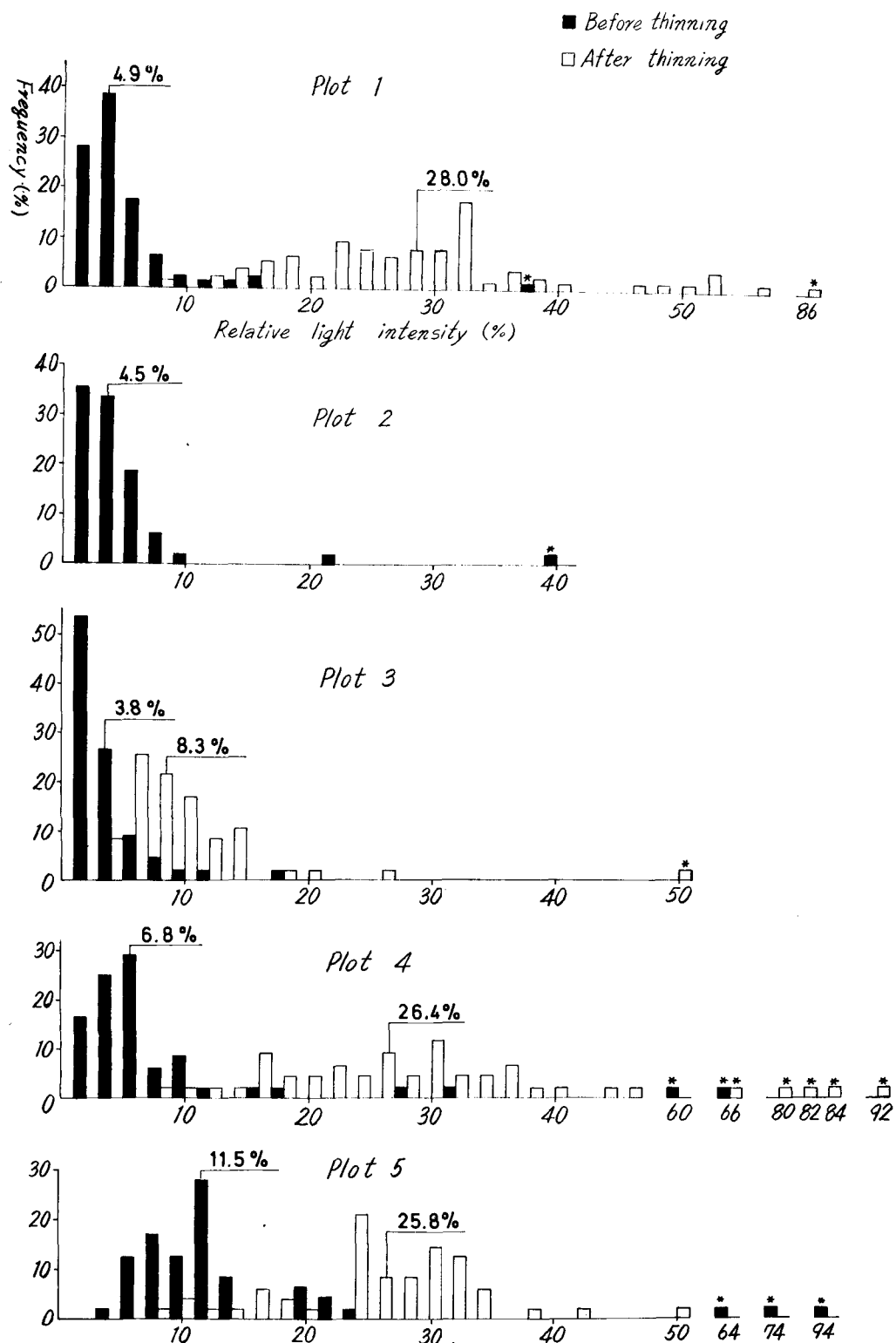


Fig. 10 Frequency of relative light intensity on floor before and after thinning.
 * In calculating mean relative light intensity, the marked figure was excluded.

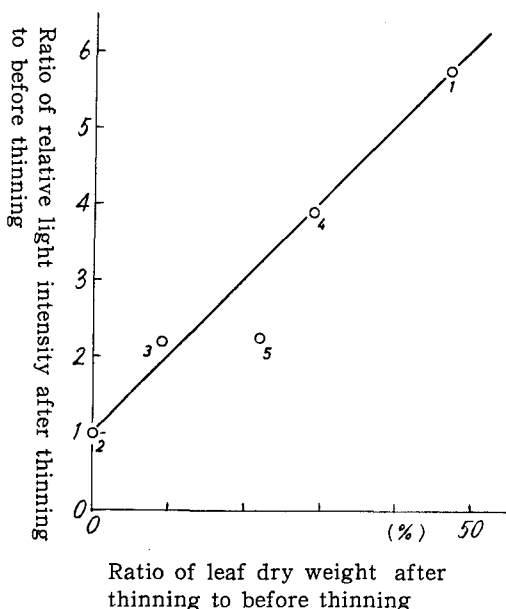


Fig. 11 Relation between increasing ratio of relative light intensity and thinning ratio of leaves.

で64%を間伐したプロット1は約28%, 16%間伐のプロット3が約8%, 46%間伐のプロット4は約26%, 37%間伐のプロット5は約26%と間伐によってどのプロットも明かるくなった。

間伐によって除去された林分葉量と、相対照度の増加割合についてみよう。この関係を図示したのが図-11で、横軸に葉量の除去率（間伐前の葉量/間伐後の葉量）を、縦軸に相対照度の増加割合（間伐後の相対照度/間伐前の相対照度）をとった。両者の間にはおおむね比例関係が認められる。林分葉量を1/4に減らすと林内照度は約3.5倍、1/2にすると約6倍の明かるさになるようだ。

光が林冠層を通過するとき、もし林冠の葉量密度が一定できわめて均一な葉層であって、サンスポットの全然認められない林分では、光はいわゆる Beer-Lambert の法則に従って、吸収されるはずである。しかし、間伐で葉量が減少したときの林内照度の増加は、サンスポット

が出来て葉量密度が一定でなくなるから、図-12に示されるように、Beer-Lambert の法則に従うとして求めた直線よりも幾分上方にずれてくる。葉の見かけの吸光係数 K は間伐によって変わり、間伐前に比べ小さくなってくる。

ここで間伐前の葉量を F_1 、林内相対照度を I_1 、間伐後の葉量を F_2 、林内相対照度を I_2 としよう。間伐によって除去された葉量の除去率を x ($0 \leq x \leq 1$) とし、簡単のために次のような林分を仮定す

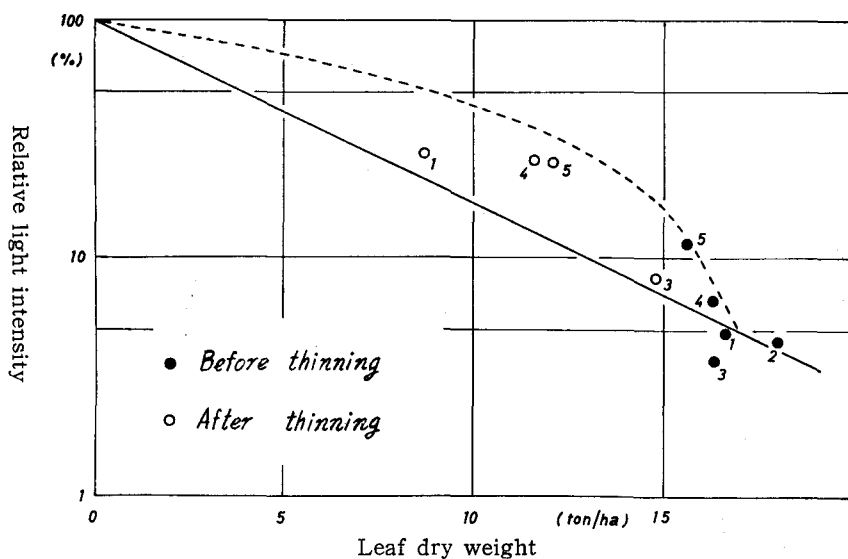


Fig. 12 Relation between relative light intensity and leaf dry weight before and after thinning.

Solid line for the relation of Beer-Lambert Law.
Broken line for the relation of $I_2 = I_1 + (100 - I_1) \cdot x$

る (図-13参照)。

- (1) 光は真上から垂直に入射する。
- (2) 単木の葉量密度は一定とし、葉量はクローネの占有面積に比例するものとする。

との仮定から、間伐後の相対照度は、

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{1}{F_1} \{ (F_1 - F_2) 100 + F_2 I_1 \} \\ &= I_1 + (100 - I_1)x \end{aligned} \quad (9)$$

となる。

この式は

$$\frac{I_2}{I_1} = 1 + \left(\frac{100}{I_1} - 1 \right) x \quad (10)$$

$$\div 1 + \frac{100}{I_1} x \quad (11)$$

と変形できる。

葉量 17ton/ha, 相対照度 5% の林分での光の減衰が、このモデル計算式に従うとすれば、図-12 に示した破線のような動きをするはずである。ところで間伐後のプロット 1, 3, 4, 5 の相対照度は、この図中の破線より下方にちらばっている。これは上にあげた仮定(1)(2)が実際とは少々ことなるためたに起ものと考えられ、実際の林分では、モデル計算から求めた林内照度よりも、何%か暗いことを示している。

いま各プロットごとに、 I_2/I_1 および $\left(\frac{100}{I_1} - 1 \right) x$ を実測値から計算し、図-14 に描いた。

理論式(10)を表す直線よりも、どのプロットも下方にあることがわかる。これは先にふれたように、実際に間伐したときの林内の明るさは、式(10)によって求められる照度よりも、暗いことを意味する。図中の番号はプロットの番号であるが、プロットの葉量などによる傾向的な分離は認められない。そこで各プロットの平均を表す $I_2/I_1 \sim \left(\frac{100}{I_1} - 1 \right) x$ の関係式を破線で示した。

これらの関係から明らかなように、間伐後の林内照度の増加割合 (I_2/I_1) は、モデル式(10)から求めた I_2/I_1 の 60% 程度しか明かるないようである。

この原因として、光がななめからあたり、葉のつき方がモデルどおりでないためにサンスポットの相対照度がかならずしも 100% にならず $\frac{100}{I_1}$ の値が大きく計算されるためと、サンスポットの出来る間伐

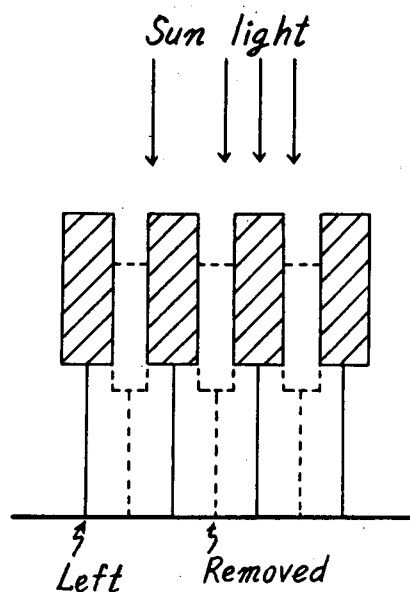


Fig. 13 Model of crown arrangement in stand (Before and after thinning).

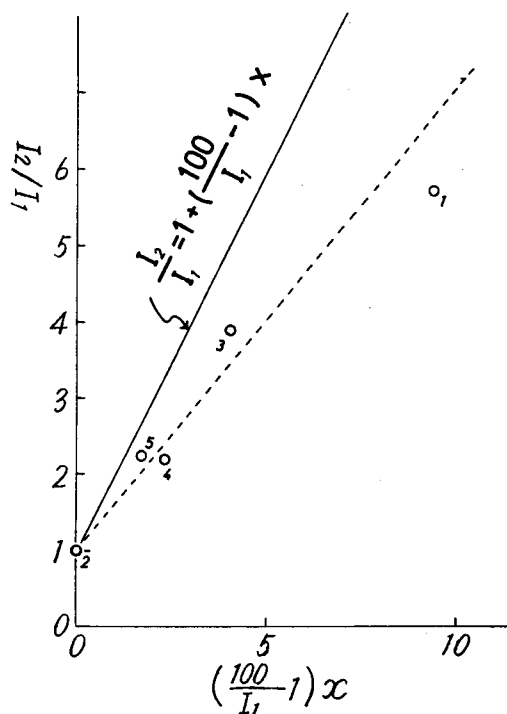


Fig. 14 Relation between $\frac{I_2}{I_1}$ and $\left(\frac{100}{I_1} - 1 \right) x$
 I_1 ; Relative light intensity before thinning
 I_2 ; Relative light intensity after thinning
 x ; Thinning ratio of leaves

木の占有面積が、かならずしも間伐木の葉量で代表出来ず大きく推定されるためと2つの原因が考えらる。

ここで間伐と相対照度の関係をまとめてみよう。間伐によってより多くのサンスポットが生じ、間伐後の相対照度 I_2 は Beer-Lambert の法則から求められる相対照度よりも明かくなり、その増加割合はサンスポットの相対照度を100%として求めた理論式 $I_2/I_1 = 1 + \left(\frac{100}{I_1} - 1\right)$ から求められる I_2/I_1

の約60%として推定され、間伐前には相対照度5%前後の明るさにあつた葉が、本数で40%近く間伐すると、相対照度が25%以上の明るさにさらされることになる。林外の照度が50,000ルクス程度の晴天ならば、それら間伐後の葉には、15,000ルクスの光が全葉量に当たることになり、葉の同化作用の光飽和点に近い程度の光量がふりそそぐことになる。したがって間伐によって葉の光利用率が高くなることが推測される。また間伐は林冠を平面的に不均一な形にすると考えられる。

同一クローンから成立した、個体のきわめてよくそろった林分、たとえばアヤスギ林などは、個体の大きさの分散が大きい林分にくらべて葉量の割りに生産力が低い⁴⁾というのは、上記のためであろう。

また施肥を行って林分内の個体差を大にしてやると、林冠層が不均一となり、その光飽和点が上がることが推測されるという⁸⁾。

したがって間伐や施肥というような育林作業によって林冠を不均一にすると、葉の光利用率が高くなり、生長量が増加しうる可能性がある。挿木造林のような個体差を無くする方向に施業を行うと、光の損失が大となり、実生林の生長量におとるようになることが考えられる。このように光の利用面だけから考えれば凸凹群落の方が有利なのではなかろうか。

最後に、求めた林内相対照度の平均値の間に差があるかどうか検定してみた。

表-3の(1)は間伐前の状態について検定したものである。×印が5%の危険率で、××印が1%の危険率で有意な差があることを示している。プロット1～3の間には林内の明るさに差が認められないが、これら3コのプロットはプロット4,5に対し5%あるいは1%の危険率で有意な差が認められるようである。さらにプロット4,5の間にも1%の危険率で差がみられる。

表-3の(2)は間伐後のそれである。無間伐プロット2および間伐が弱かったプロット3と、プロット1, 4, 5の間には1%の危険率で有意な差が認められる。強度間伐をしたプロット1とプロット4,5の間には差がなく、またプロット4と5の間にも差がない。

間伐を施したプロットについて、間伐前後の間に差があるかどうか検定した。表-3の(2)の()がその結果で、どのプロットも間伐前と後で1%の危険率で有意な差が見られた。

5. 間伐による林相の変化

図-1の葉層図中で、白点が間伐

Table 3 Checking of relative light intensity among five plots

(1) Pre-thinning

Plot	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4	×	×	×		
5	×	×	×	×	

(2) Post-thinning

Plot	1	2	3	4	5
1	(××)				
2	×	—			
3	×	×	(××)		
4		×	×	(××)	
5		×	×		(××)

× ; Significant at the 5% level.

×× ; Significant at the 1% level.

() ; Relation between before and after thinning

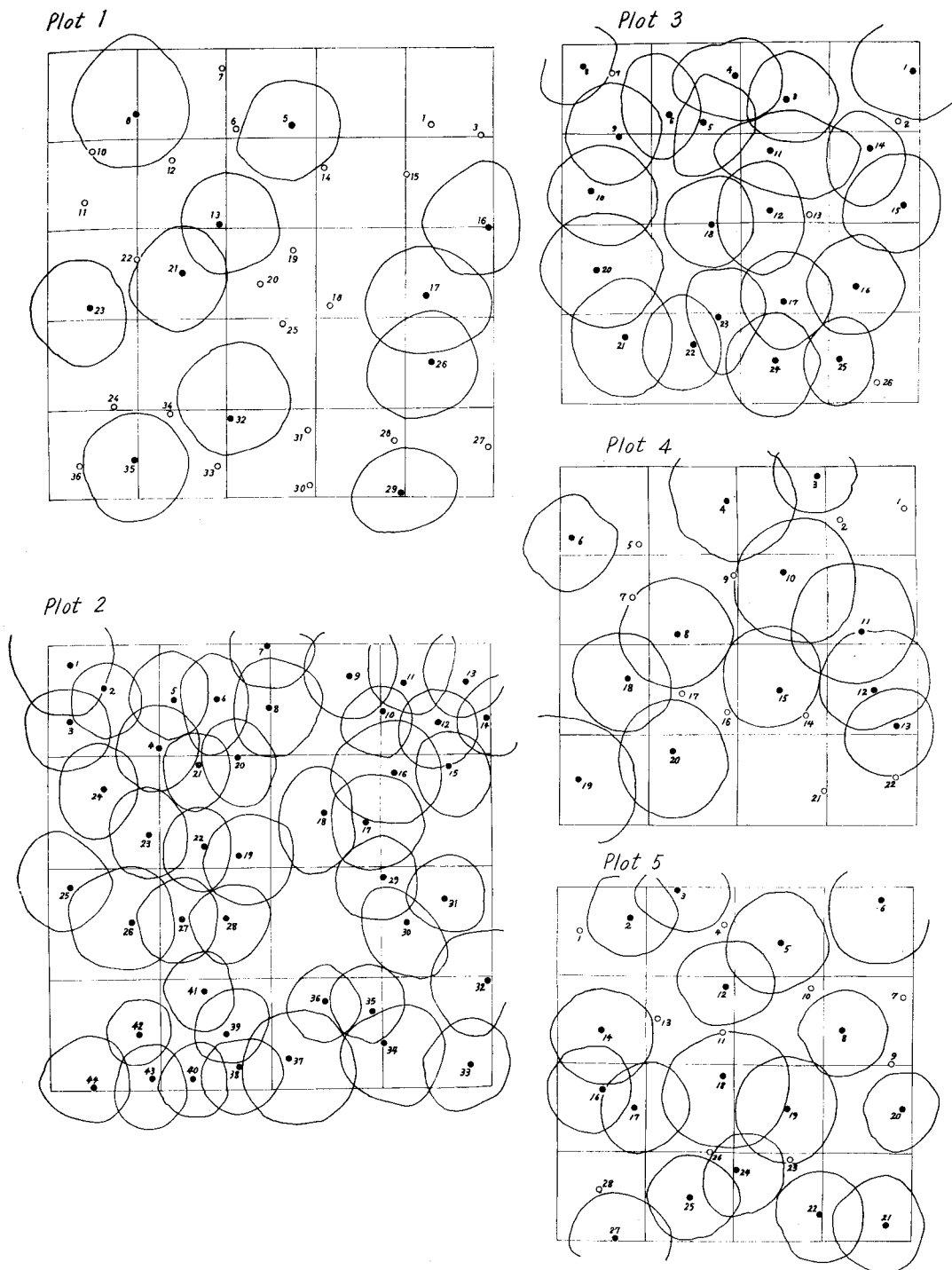


Fig. 15 Crown diagram
 Solid circles ; Left (After thinning)
 Open circles ; Removed

木、黒点が間伐後も残された木を示している。胸高直径の小さい木から順に間伐したわけであるが樹高でも低い個体から間伐されたことがわかる。そのために Height curve が水平に近い方向に移動して林分の樹高の分布の中が小さくなったことがわかる。また Crown curve を見てもわかるように、少しではあるが生枝下高もそろってくるようである。

前にもふれたが、間伐の方法は原則として小径木から順に行ったわけであるが、この方法では林冠が集中的に閉鎖が破られる危険性がある。そこで間伐後の樹冠投影図を描いてみた(図-15)。図中の数字は間伐木の番号である。図から明らかなように、小径木から順に間伐するだけで、どのプロットでも残された個体の樹冠の位置は適当にばらつき、林床を適当におおうように分散しているようである。したがってこのような自然間引型の一斉林分では、生育が進むにつれて個体間の大きさの分散は大きくなり、それをもとにして樹冠級などに無関係に、伐ろうとする本数だけ小径木から伐採しても、特別に強度に間伐を施さない限りは林冠に大きな空間があくという心配はないように思える。

引用文献

- 1) 只木良也・四手井綱英：数量的間伐に関する生態学的研究，京大演報34：1～31，1963
- 2) 上田晋之助・堤利夫・柴田信男：吉野林業地帯における地力の維持と増進に関する研究，京大演報37：102～121，1965
- 3) Ogawa, H., K. Yoda, T. Kira, K. Ogino, T. Schidei, D. Ratanawongse and C. Apasutaya; Comparative ecological study on the three main types of forest vegetation in Thailand I. Structure and floristic composition, Nature and Life in SE Asia Vol. IV: 13～48, 1965
- 4) 四大学合同調査班：森林の生産力に関する研究，第Ⅲ報スギ人工林の物質生産について，1965
- 5) 只木良也・尾方信夫・長方安男・吉岡清・宮川良幸：森林の生産構造に関する研究(VI)，足場丸太生産スギ林の生産力について，日林誌46(7)：264～253，1964
- 6) 四大学合同調査班：森林の生産力に関する研究，第Ⅰ報北海道主要針葉樹について，1961
- 7) Tadaki, T. and Y. Kawasaki; Studies on the Production Structure of Forest IX. Primary Productivity of a Young *Cryptomeria* Plantation with Excessively High Stand Density, Jour. Jap. For. Soc. 48(2)：55～61，1966
- 8) 菅誠・四手井綱英：施肥密度試験(第Ⅰ報)，イイギリ苗を用いた模型林分における施肥密度効果，第71回日林講，210～211，1961

Résumé

The investigation has been carried out mainly to test how the standing crop and relative light intensity of the plots were changed by the thinning. The authors attempted in this paper to describe the stand conditions in terms of standing crop and light intensity at the time of first treatment, i.e., thinning was conducted.

Five experimental plots were chosen in pure *Cryptomeria japonica* stands of about 10 years old, located in Yoshino District, Nara Prefecture. The plots were treated with thinning ratios of different levels. The trees measured in the plots were arranged in order of diameter. The selection of trees to be thinned was to begin with the removal of smaller sized trees. In the experimental treatment, the higher the thinning ratio, the larger the critical diameter was raised.

The topographical and floristic character of the plots were as follows;

1. The five plots are situated on a very gradual slope. Plots No. 1-No. 3 are comparatively near a ravine, but Plots No. 4 and No. 5 are near the ridge.
2. No undergrowth is found in Plots No. 1-No. 4, but Plot No. 5 has a few bamboo grasses.

3. The stand density is about 4,000 trees/ha in each plot.
4. The mean height of Plots No. 1-No. 3 is 7.5-8.0m and that of Plots No. 4 and No. 5, 6.1-6.5m.
5. The total basal area at breast height of Plots No. 1-No. 3 is about 30 m²/ha and that of Plots No. 4 and No. 5 about 23 m²/ha.

Utilising the regression equation of allometry, the standing crop of boles, branches and leaves as well as annual increment of the boles in terms of weight (ton/ha) in each plot were estimated. The amount thinned and the amount left, after thinning makes the standing crop before thinning.

The standing crop of the boles before thinning averaged 43 tons/ha for Plots No. 1-No. 3 and 27 tons/ha for Plots No. 4 and No. 5. These differences noted were perhaps due to the mean height of the trees in the plots, which in turn is affected by the habitat.

The standing crop of the branches and the leaves were estimated at about 4 tons/ha and 17 tons/ha respectively. No significant differences were apparent among the plots. It seemed that these standing crops were normal for *Cryptomeria* stands of 10 years old whose density is about 4,000 trees/ha.

The annual increment of the bole found by stem analysis was estimated at 8-9 tons/ha at Plots No. 1-No. 3 and at 5 tons/ha at Plots No. 4 and No. 5. The estimated values for Plots No. 1-No. 3 seemed to attain the general standard for 10 years old stands in the region concerned, but that for Plots No. 4 and No. 5 seemed lower than the general standard.

When one-fourth of the trees in the stand were removed, the standing crop after thinning becomes nine-tenths of that before thinning. When half of the trees were removed, the standing crop becomes two-thirds.

The relative light intensity at ground level before thinning averaged 5% (except Plot No.5 in which it averaged 12%). After thinning, the light intensities on the floor became higher according to the ratio of the removal of the leaves. The increasing ratio of the relative light intensity was in proportion to the thinning ratio of the leaves. When 25% of the leaves was removed, the relative light intensity of the floor after thinning was about three and a half times as intense as that before thinning and when 50% was removed the intensity became about six times higher than that before thinning.